

Máster Universitario  
en Túneles  
y Obras Subterráneas



ÁREA: C1  
MÓDULO: CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

**ANCLAJES**

**PONENTES:** Leoncio Prieto

I.C.C.P.

**Día:** 09/05/07

**Hora:** 18:15 a 20:15

# **LOS ANCLAJES: CONCEPTOS, DISEÑO, EJECUCION Y CONTROL**

**LEONCIO PRIETO TERCERO**  
**Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos**  
**Director Técnico – RODIO**

## **INDICE:**

- 1. INTRODUCCION.-**
- 2. DEFINICION Y TIPOS.-**
- 3. DISEÑO.-**
- 4. EJECUCION.-**
- 5. PATOLOGIAS.-**
- 6. PRUEBAS.-**
- 7. CONTROLES.-**
- 8. BIBLIOGRAFIA.-**

## 1. INTRODUCCION.-

Actualmente la tecnología disponible en la perforación y colocación de anclajes hacen que se haya extendido su utilización a amplias parcelas de la Ingeniería. Hoy en día está ampliamente extendida su utilización en la estabilidad de taludes, contención de empujes en muros, anclajes de losas, etc.

El C.T.E. (en su Documento Básico SE-C Cimientos) trata de forma muy somera el Capítulo de "Anclajes al Terreno", dedicándole solamente 3 páginas, relatando de forma esquemática los siguientes puntos:

- Definiciones y tipologías
- Acciones a considerar y datos geométricos
- Análisis y dimensionado (Estados Límite y Estabilidad)
- Condiciones constructivas y de control

Este último Apartado del CTE indica: *"Para la ejecución de los anclajes así como para la realización de ensayos de control y su supervisión se consideran válidas las especificaciones contenidas en la norma UNE 1537:2001"*

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1537 de Diciembre de 1999, titulada *"Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes"*

Tradicionalmente se han utilizado algunas Normas para el dimensionamiento, ejecución y control de los Anclajes, siendo las más conocidas la Francesa (TA-95), Suiza (SIA-191) y Alemana (DIN-4125).

Recientemente se han publicado en España dos Recomendaciones que vienen a llenar el vacío existente en este tipo de obras:

- Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carreteras, publicada por el Ministerio de Fomento, con la colaboración de AETESS.
- Recomendaciones para el Proyecto, Construcción y Control de anclajes al terreno, publicada por el Colegio de Ingenieros de Caminos, con la colaboración de la Asociación Científico - técnica del Hormigón Estructural, que es una re-edición de las antiguas Recomendaciones H.P. 8-96.

## 2. DEFINICION Y TIPOS.-

Se define **anclaje** como: *"Dispositivo capaz de transmitir las fuerzas de tracción, que le son aplicadas, a un lecho de terreno existente"*, por lo tanto consideramos que un anclaje es un elemento capaz de transmitir esfuerzos de tracción desde la superficie del terreno hasta una zona interior del mismo.

Para el correcto diseño y ejecución de los anclajes hay que conocer:

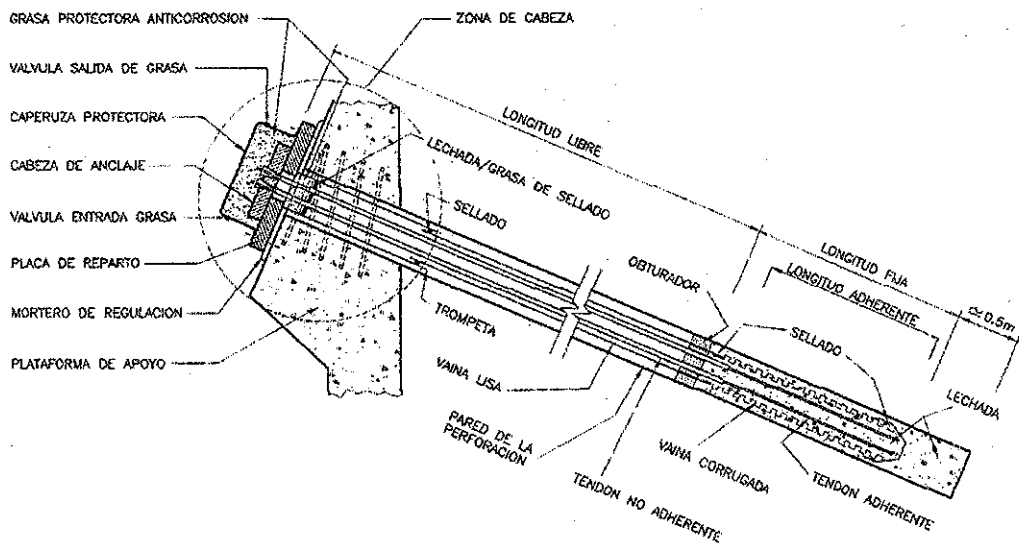
- El proyecto en el que se ubican
- Exigencias de la estructura del anclaje
- Propiedades geotécnicas del terreno

La puesta en obra eficaz de los anclajes exige la realización de ensayos sobre los mismos y una verificación de los parámetros de cálculo utilizados.

Tiene una gran importancia en la concepción y ejecución de los anclajes el entender los mecanismos de funcionamiento, tanto geotécnicos como estructurales. Para garantizar un comportamiento correcto a corto y largo plazo, se deben reflejar en Pliegos y Normas todos los requisitos de control y ensayos necesarios, ya que estos elementos tienen una importancia fundamental en el funcionamiento de las estructuras de contención. Las Normas vigentes intentan definir la "buena práctica" profesional que permita una correcta ejecución de los mismos.

Las partes constituyentes de un anclaje son:

- Zona de anclaje o zona de bulbo. Es la parte del anclaje correspondiente a la longitud adherente. Es la zona del anclaje sobre la cual la fuerza de tracción se transmite al terreno circundante.
- Zona libre. Es la zona comprendida entre el punto de fijación de los cables sobre la cabeza y el comienzo del bulbo.
- Cabeza. Es la parte externa del anclaje, capaz de transmitir la carga del tirante a la estructura que se ancla. Puede incluir los siguientes elementos:
  - Placa de reparto
  - Cuñas y portacuñas
  - Trompeta de conexión vaina - placa
  - Caperuza de protección



Esquema de un anclaje

Una clasificación inmediata de los anclajes en función de su tiempo de servicio es la siguiente:

- Anclajes provisionales. - Como su nombre indica su misión en la obra es "temporal" y trabajarán hasta que sean sustituidos por otros elementos estructurales permanentes. En el caso de una excavación de varios sótanos, el sostenimiento provisional se realiza con anclajes, hasta que son sustituidos por los forjados definitivos. Su vida útil será inferior a 2 años (según las Guías, normas y Recomendaciones anteriores).
- Anclajes permanentes. - Su actuación es definitiva durante toda la vida útil de la obra, por lo que se dimensionarán con mayores coeficientes de seguridad y los niveles de protección serán mayores.

Si los clasificamos según la puesta en carga, tenemos:

- Anclajes activos: se ponen en carga con la ayuda de gatos hidráulicos
- Anclajes pasivos: no son tesados o son tesados inicialmente a cargas muy bajas

Si los clasificamos según la forma de inyección:

- Anclajes con Inyección Unica Global (IU)
- Anclajes con Inyecciones repetitivas (IR)
- Anclajes con Inyecciones repetitivas selectivas IRS)

Otra posible clasificación es según la posibilidad de control tensional durante su vida útil:

- Anclajes tasables simples o "no retesables"
- Anclajes retesables

### 3. DISEÑO.-

La Norma UNE – EN 1537:1999 en su Capítulo referente a consideraciones de Diseño, da una serie de recomendaciones a tener en cuenta durante el proyecto de ejecución de un Anclaje, para que se realice correctamente.

Durante el diseño de un anclaje se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- Esfuerzos transmitidos por los tirantes al conjunto estructural
- Esfuerzos estáticos y dinámicos del tirante durante su vida útil
- Unión entre el tirante y la estructura
- Consecuencias de la rotura de un tirante

El Anexo D de esta Norma detalla la forma de dimensionar un anclaje.

Una forma inmediata de dimensionar los anclajes es la indicada en la Guía del Ministerio de Fomento, y que considera los dos aspectos a tener en cuenta:

- La estabilidad global
- El equilibrio local (roturas en la cabeza o en la estructura a anclar y estabilidad del propio anclaje)

Para la evaluación de la estabilidad del propio anclaje se han de seguir los siguientes pasos:

- Mayoración de las cargas
- Comprobación de la tensión admisible del acero del anclaje
- Comprobación de deslizamiento del tirante dentro del bulbo
- Comprobación del deslizamiento bulbo - terreno

Para la obtención de la  $a_{lim}$  se pueden utilizar los siguientes métodos:

- Valores obtenidos de ensayos de investigación o de adecuación
- Aplicando las expresiones teóricas (en efectivas) incluidas en la Guía
- De los cuatro ábacos, que se acompañan (incluidos en la Guía), que relacionan algunos de los parámetros geotécnicos más representativos de cada tipo terreno.

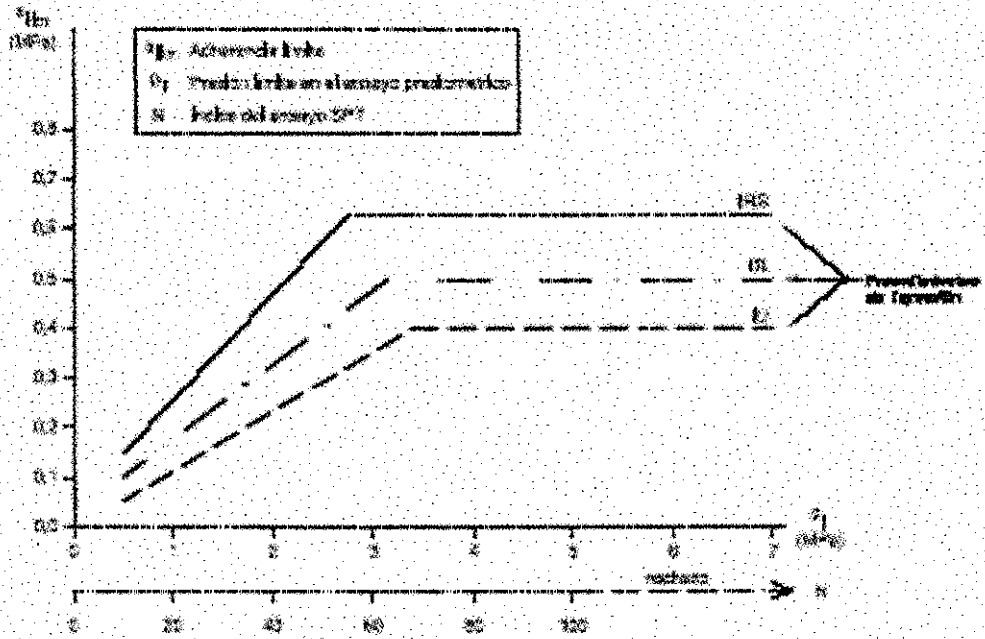


FIGURA 3.2. ADHERENCIA LÍMITE EN ARENAS Y GRAVIAS

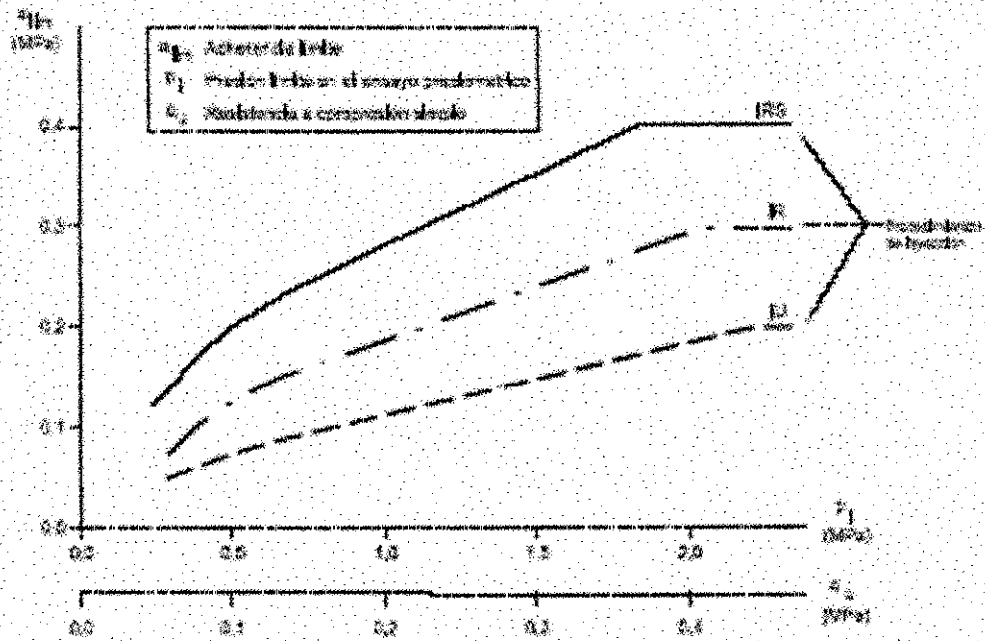


FIGURA 3.3. ADHERENCIA LÍMITE EN ARCILLAS Y LIMOS

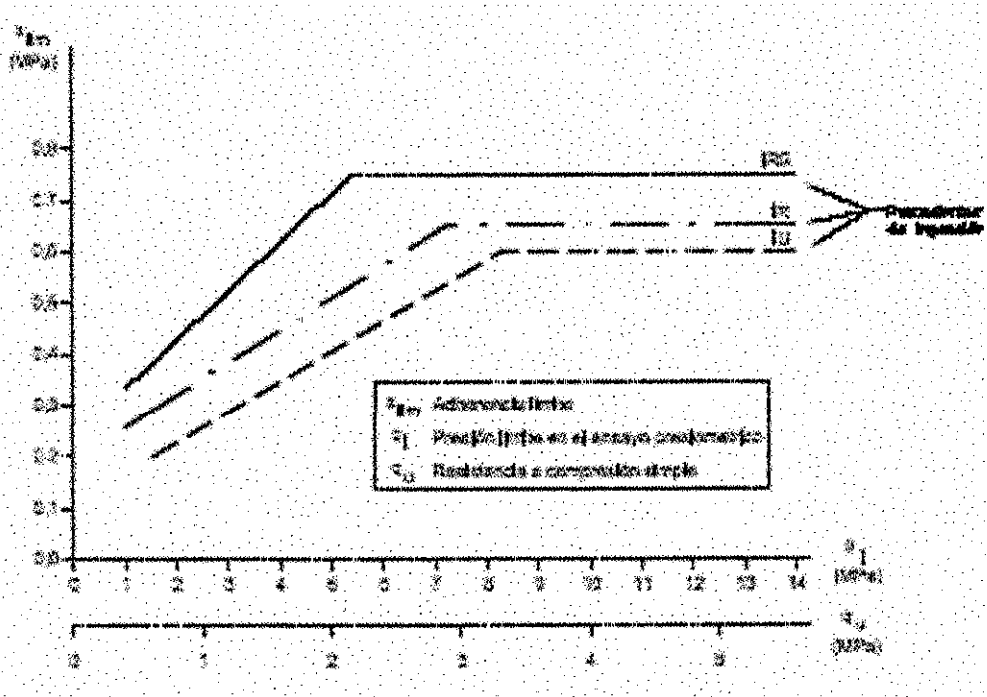


FIGURA 3.4. ADHERENCIA LÍMITE EN MORTAR, MORTAR YESIFERAS Y MORTAR CALCEAS

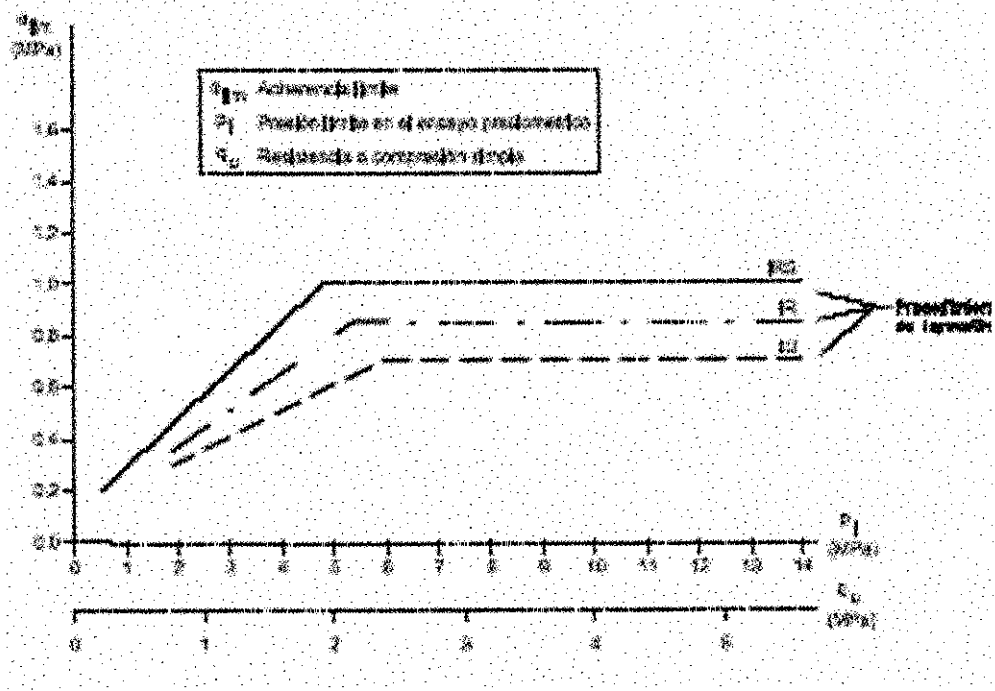


FIGURA 3.5. ADHERENCIA LÍMITE EN POCALTERADA (GRADO IV O SUPERIOR, SEGÚN ISRM)

#### 4. EJECUCION

El procedimiento de ejecución de los anclajes, según la Norma UNE – EN 1537:1999, es el siguiente:

- Perforación -

Las perforaciones deberán realizarse respetando las tolerancias especificadas. El diámetro de la perforación estará previsto de manera que asegure el recubrimiento con la lechada en toda la longitud de bulbo. Es recomendable prever una tolerancia de sobreperforación con relación a la profundidad específica, cuando el detritus no se pueda extraer del fondo de la perforación. Salvo especificaciones contrarias, se recomienda el cumplimiento de las siguientes condiciones para la elección y la colocación del material de perforación:

- el eje de la cabeza del anclaje se debe colocar con una tolerancia radial inferior a 75 mm
- alineación inicial del útil de perforación en el emboquillado con una desviación máxima de 2° con respecto al eje específico de perforación;

Se recomienda verificar la desviación cada dos metros de perforación. Durante la perforación, se recomienda limitar la tolerancia de desviación total de perforación a 1/30 de la longitud del anclaje. Algunas condiciones del terreno pueden conducir a una variación de esta tolerancia.

El método de perforación se deberá escoger en función de las condiciones del terreno para provocar una modificación mínima del mismo o una mejora de su capacidad de anclado y permitir movilizar la resistencia de cálculo ( $R_d$ ) del anclaje. El terreno se ha de modificar lo mínimo por las siguientes razones:

- evitar el derrumbamiento de las paredes durante la perforación y la colocación del tirante (si fuera necesario, se utilizará entubación)
- limitar la descompresión de los terrenos circundantes en los suelos no cohesivo
- limitar las variaciones de los niveles de las capas freáticas
- limitar las modificaciones de las paredes de las perforaciones realizadas en suelos cohesivos y en las rocas disgregadas.

Las técnicas que permitan neutralizar la presión del agua, prevenir la aparición de agua, evitar el derrumbamiento de la perforación y la erosión durante la perforación, así como las operaciones de puesta en obra del tirante y la inyección, se definirán previamente y se utilizarán dónde se requiera.

- Instalación de los tirantes -

Durante la fabricación y almacenamiento, los tirantes y sus componentes se deberán conservar limpios, exentos de corrosión, alteraciones mecánicas o proyecciones de soldadura. Los tirantes no deberán ser enrollados con un radio menor al especificado por el fabricante. Se recomienda fijar sólidamente al tirante los centradores destinados a asegurar el espesor del recubrimiento de proyecto.

Antes de proceder a la puesta en obra del tendón, se verificará además de su longitud, la limpieza de la perforación y la ausencia de obstáculos. Se recomienda efectuar la puesta en obra del tendón según un procedimiento controlado, teniendo cuidado de no modificar la posición relativa de los elementos. En el caso de anclajes inclinados hacia arriba, se recomienda fijar sólidamente los tendones una vez instalados a fin de evitar cualquier desplazamiento durante la inyección.

- Inyección del anclaje -

La inyección cumple varias de las siguientes funciones:

- a) formación de la zona de bulbo de manera que la carga aplicada se pueda transferir del anclaje al terreno circundante
- b) protección de los tendones contra la corrosión
- c) refuerzo del terreno en las inmediaciones de la zona de bulbo a fin de mejorar la capacidad de anclaje
- d) estabilidad del terreno en las inmediaciones de la zona de bulbo a fin de limitar las pérdidas de lechada.

Quando un suelo es muy permeable se puede requerir una inyección previa o cuando existe el riesgo de inyección de un caudal grande de lechada sin aparición de una presión de cierre. La inyección previa no es un procedimiento habitual, sino una medida de precaución cuando las condiciones antes descritas son susceptibles de predominar.

Se ha de inyectar la lechada lo más rápido posible después de acabar la perforación. Cuando la inyección se efectúa por medio de un tubo sumergido, la parte inferior deberá estar sumergida en la zona de bulbo y la inyección continuará hasta que la consistencia de la lechada que rebosa sea la misma que la de la lechada inyectada.

El procedimiento de inyección deberá comenzar siempre por la parte inferior de la zona a inyectar. Para las perforaciones horizontales o inclinadas hacia arriba, se necesitará un sellado o un obturador para evitar las pérdidas de lechada, bien en la zona de bulbo del anclaje, bien en su longitud total. Cuando se efectúe una inyección repetitiva de la zona de bulbo, se recomienda incorporar un dispositivo tipo tubo-manguito en el anclaje.

- Tesado del anclaje -

La puesta en carga, o tesado del anclaje ha de cumplir las funciones siguientes:

- constatar y consignar el comportamiento de un anclaje bajo tensión
- poner en tensión el tendón y anclarlo a su carga de bloqueo.

Los gatos o equipos de tesado deberán estar convenientemente calibrados. Se debe especificar en el momento de proyectar el anclaje si la puesta en carga de la estructura anclada condiciona el orden o las fases de puesta en carga de los anclajes.

No se ha de comenzar la puesta en carga y los ensayos <sup>No</sup> antes de que la lechada no se haya endurecido lo suficiente, normalmente se necesitan siete días. En suelos cohesivos sensibles, se recomienda prescribir un periodo mínimo de tiempo para que el suelo recupere sus propiedades después de la instalación de los anclajes y antes de la puesta en carga.

## 5. PATOLOGIAS .-

Las posibles patologías de los Anclajes se pueden agrupar en tres grandes bloques:

- Fallos de los materiales constitutivos del anclaje (Cables, barras, placas, protecciones, etc ).
- Proyecto inadecuado.
- Defectos de ejecución.

Analizamos cada una de las distintas patologías, con especial detenimiento en aquellas que se corresponden con la ejecución de los anclajes:

### 1 Materiales constitutivos.-

Los materiales usados en los anclajes son:

- Tendones o cables.
- Placas metálicas
- Lechadas de inyección
- Protecciones plásticas
- Grasas

Los aceros de los tirantes están constituidos por materiales de alto límite elástico y deberán cumplir, en cuanto a su calidad y resistencia, lo especificado en la Normativa nacional y/o europea (EHE, UNE, Eurocódigos, etc.)

La cabeza del anclaje deberá ser capaz de absorber la totalidad del esfuerzo de tracción correspondiente al límite de rotura del acero

Las lechadas de cemento utilizadas, tanto en la protección en contacto de las armaduras, como en la formación del bulbo se fabricarán con relaciones agua/cemento no superior a 0,4

En la formación del bulbo se podrán admitir relaciones a/c comprendidas entre 0,4 y 0,6.

El cemento a utilizar será el empleado en obras de hormigón y cumplirá las prescripciones indicadas en la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos. Se podrán utilizar aditivos, para aumentar la manejabilidad de la lechada así como los reductores de agua y aceleradores del fraguado.

Las vainas y tubos de plástico deberán ser continuos, impermeables y resistentes a la rotura frágil. Las uniones entre tramos deberán ser estancas y, si se utilizan juntas, éstas deberán estar preparadas para conservar la estanqueidad en caso de movimientos relativos entre los tramos

Las grasas que se utilicen deben ser inoxidables, resistentes a los ataques bacterianos y no degradables con el tiempo

### 2. Defectos de proyecto.-

- En general se refieren a la errónea estimación de los empujes sobre la estructura, que provocarán esfuerzos inadmisibles en los anclajes, pudiendo llegar a la rotura de los mismos, con el consiguiente colapso de la estructura.
- Dimensionamiento incorrecto de las placas de apoyo, tanto en dimensiones, como en espesor, que se doblan y abollan al aplicar las tensiones de bloqueo previstas en proyecto.

### 3 Ejecución de los anclajes.-

La mayoría de las patologías y fallos que se registran en los anclajes tiene relación con una mala ejecución de los mismos, en cualquiera de sus fases.

Los defectos más comunes en la ejecución de los anclajes, en cada una de sus fases son:

#### • Perforación de los taladros.-

El método de perforación deberá provocar una modificación mínima del terreno o una mejora de su capacidad de anclado y permitir movilizar la resistencia de cálculo del anclaje. Los principales fallos debidos a una incorrecta perforación son:

- Derrumbamiento de la paredes durante la colocación del anclaje
- Descompresión de los terrenos circundantes en suelos no cohesivos
- Diámetro de perforación incorrecto para la introducción de los tirantes necesarios del anclaje, no respetando los recubrimientos mínimos
- Sistema de perforación inadecuado para el tipo de terreno en el que se instalarán los anclajes. Se debe de analizar el tipo de terreno a perforar (roca, cohesivo, granular) con el fin de seleccionar el sistema de perforación que permita la correcta instalación del anclaje (rotación, rotopercusión, con aire, con agua, etc.). Se deberá prever la posibilidad de entubación en caso de ser necesario
- En los casos de anclajes bajo nivel freático se deberán colocar sistemas que aseguren la estanqueidad del taladro durante las operaciones de perforación y colocación de los anclajes. Una salida de agua con arrastres de terreno puede causar graves daños en las edificaciones colindantes, así como producir la ejecución de anclajes defectuosos y que no cumplan con las características de proyecto
- El proceso de perforación deberá realizarse de forma que cualquier variación significativa del terreno respecto a las consideradas en proyecto, sea detectada inmediatamente

#### • Instalación de los tirantes -

- Durante la instalación de los cables, si no se realiza de forma cuidadosa, se pueden deformar y/o dañar algunos de sus componentes.
- Si la colocación no se realiza de la forma adecuada se puede dañar la protección anticorrosión.
- La longitud del anclaje debe ser coincidente con la profundidad de perforación, comprobando en todos los casos que la misma se encuentra libre de obstáculos en toda su longitud.
- La falta de colocación de centradores y/o su mala distribución a lo largo del tirante puede provocar el incumplimiento del recubrimiento mínimo necesario, con la consiguiente disminución de la vida útil del anclaje

- Inyección del anclaje -

La inyección es la operación más delicada y la que puede originar más patologías en los anclajes si se realiza de forma incorrecta y el resultado de la misma no es el especificado en proyecto.

Hay que tener en cuenta que las lechadas utilizadas en los anclajes además de su función de protección, también tienen la función resistente.

Es importante realizar la inyección lo antes posible después de efectuadas todas las operaciones previas.

El proceso de inyección debe garantizar el libre alargamiento de los tirantes en la zona libre y que la transmisión de esfuerzos entre terreno y anclaje se produzca solamente en la zona de bulbo.

Se cuidarán las dosificaciones y se adaptarán según el tipo de anclajes que se realicen (IU, IR ó IRS). Una inyección incorrecta de la zona de bulbo, con dosificaciones inadecuadas y presiones insuficientes o excesivas puede provocar el arrancamiento del bulbo, al no producirse la adherencia necesaria entre terreno y lechada.

- Instalación de los elementos de la cabeza -

- La falta de un perfecto contacto entre la placa de reparto y la estructura provoca problemas al tesar los anclajes

- La excentricidad de las cabezas con los tendones de anclaje pueden introducir esfuerzos indeseables en los mismos, que no se han contemplado en el proyecto.

- Si el eje del tendón no es perpendicular a la cabeza, se transmitirán los esfuerzos de forma inadecuada.

- El sellado de la placa de reparto con el final de la vaina ha de ser perfecto, con el fin de asegurar la protección.

- Si no existe una proporción entre el diámetro de la cabeza de cuñas y el taladro realizado en la placa de apoyo, se puede producir el punzonamiento de ésta, provocando el fallo del anclaje. La cabeza de cuñas debe apoyarse en un anillo sobre la placa, lo suficientemente ancho como para que no punzone sobre la placa y que a la vez los tendones no rocen en el filo del taladro.

- En algunas ocasiones (especialmente para anclajes con ángulos superiores a 30°), la componente vertical del esfuerzo es demasiado grande como para ser compensada por el rozamiento placa - estructura, tendiendo a mover la placa hacia abajo. Finalmente ésta acaba sujetándose por los tendones en la estructura, con el consiguiente riesgo de deterioro de los mismos. Este efecto puede ocurrir con posterioridad al tesado, por lo que el resultado es el "destesado" del anclaje. Hay que tomar medidas para corregir este posible efecto.

- Si el diámetro de las cuñas y de los alojamientos de las mismas no se corresponden, pudiéndose introducir en los orificios durante las operaciones de tesado.

- Si no hay correspondencia entre el número de tendones y los orificios de la cabeza, se pueden producir excentricidades indeseables en la misma.

- Tesado del anclaje -

Los fallos más comunes en los anclajes debidos a la incorrecta realización del tesado de los mismos son:

- Equipos mal calibrados, que transfieren tensiones incorrectas al anclaje
- Mala elección del orden de tesado de distintos anclajes, lo que provoca una concentración excesiva de esfuerzos en la viga de anclaje o en la estructura a sostener.
- Inexperiencia del personal que realiza las operaciones, incumpliendo los protocolos, la secuencia, los escalones de carga y los métodos de tesado.

En los anclajes permanentes los fallos pueden surgir por los fenómenos de corrosión a medio o largo plazo, provocados por el contacto del agua con el acero de los cables en tensión. De las tres zonas que componen los anclajes, el bulbo es la zona más fácil de proteger, ya que la lechada de inyección (si el anclaje ha sido correctamente inyectado) proporciona una protección más que aceptable a largo plazo. La longitud libre se protege con lechada, una vez aislados y protegidos los cables con vainas de plástico engrasadas, después de realizar el tesado.

El enlace entre la longitud libre y la cabeza del anclaje es el lugar más crítico desde el punto de vista de protecciones frente a la corrosión. Si no se asegura el correcto sellado de la transición longitud libre – cabeza y se introducen cada uno de los cables en la cámara llena de grasa de la cabeza es probable que se produzca la entrada de agua a los mismos iniciando el fenómeno de la corrosión.

## 6. PRUEBAS.-

Para comprobar la adecuación de las hipótesis de diseño y cálculo a las características reales de cada obra en lo concerniente a tipo de terreno, geometría, materiales empleados, etc., se hace necesaria la realización de distintos tipos de pruebas en los anclajes.

Fundamentalmente se distinguen tres tipos de ensayos (según la Guía del Ministerio de Fomento):

- Ensayos de investigación
- Ensayos de idoneidad
- Ensayos de Aceptación

En las Recomendaciones se distinguen también tres tipos de ensayos, definidos de la siguiente forma:

- Pruebas de idoneidad
  - Pruebas completas de tesado
  - Pruebas simples de tesado
- Los Ensayos de investigación se deben realizar antes de ejecutar los anclajes de la obra y tiene por objeto determinar:
    - La resistencia del bulbo (interfaz lechada – terreno)
    - Carga de deslizamiento del anclaje
    - Curva de deformación del anclaje hasta rotura
    - Pérdidas de tensión del anclaje en carga de servicio
    - La longitud libre aparente

Estos ensayos se realizarán en terrenos no ensayados o con cargas más elevadas de las habitualmente usadas. Al ser ensayados a cargas mayores que las de servicio hay que aumentar la capacidad de los tirantes, conservando el resto de los elementos idénticos a los del resto de los anclajes. En caso de no poder aumentar la capacidad de los tirantes, se pueden ensayar reduciendo la longitud del bulbo, para lograr el arrancamiento. Este ensayo se llevará hasta la carga de rotura por arrancamiento del bulbo o hasta un valor inferior al 85 % de la carga de rotura del tirante o del 95 % del límite elástico (el inferior de los dos).

- Los Ensayos de idoneidad, se realizarán una vez interpretados los de investigación, y se realizarán sobre anclajes de la misma obra, y en ellos se han de confirmar:
  - La capacidad del tirante frente a la carga de prueba
  - Curva de deformación hasta carga de prueba, según diferentes escalones
  - Pérdidas de tensión hasta la carga de prueba
  - Longitud libre aparente...

Estos ensayos se realizarán sobre, al menos 3 anclajes de las mismas características que los de la obra. Con ellos se confirmará si los alargamientos y las pérdidas de carga son correctos y permitirán determinar la longitud libre aparente del anclaje.

- Los Ensayos de aceptación han de confirmar, para cada anclaje los siguientes aspectos:
  - Capacidad del tirante frente a la tracción o carga de prueba
  - Pérdida de tensión bajo carga de servicio
  - La longitud libre equivalente

En las Normas españolas se incluyen dos métodos para la realización de los ensayos (NLT-257 método de los ciclos y la NLT-258 método de las fases), descritas en los Anejos correspondientes.

A continuación se acompañan los Partes y gráficos de un Ensayo de idoneidad



IDONEIDAD

## ANCLAJES ROFIX PROVISIONALES

OBRA Nº: 580  
 PRUEBA IDONEIDAD ANCLAJE Nº: 4  
 ZONA: PANTALLA 3 (LIRAS)  
 FILA: UNICA  
 FECHA: 02-mar-01

### I-DATOS DEL ANCLAJE

TORONES:	5 ud.	SECCION TORON:	1,4 cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	0,6 pulgadas	CARGA DE SERVICIO:	62,5 Tn.
LT:	19,8 m.	MODULO ELASTICO:	2.100.000 Kg/cm <sup>2</sup> .
LB:	12,0 m.	CARGA DE PRUEBA:	83 Tn.
LL:	7,8 m.	CARGA DE ROTURA:	19.000 Kg/cm <sup>2</sup>

### II- DATOS DEL GATO

TIPO DE GATO: PAUL-2100KN (ANFOR)  
 SECCION GATO: 388,77 cm<sup>2</sup>.

### III-ESCALON DE CARGA

FORMULA:

$$iL = \frac{(N - N_0) \times L_l}{E \times F}$$

iL-Deformación del anclaje en mm.  
 N -Carga del tesado del anclaje en kg.  
 No-Carga inicial que corresponde a  
 10 Kg/cm<sup>2</sup>

LL-Longitud libre del anclaje en mm.  
 E -Módulo Elástico en Kg/cm<sup>2</sup>  
 F -Sección de acero en cm<sup>2</sup>.

TABLA DEFORMACIONES (iL):

ESCALON	PRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA Tn.	Le=0,9LL	Le=LL	Le= LL+0,5LB	tiempo min.
Ta	25	9,72	0,00	0,00	0,00	0
T1	40	15,55	2,78	3,09	5,47	0
T2	80	31,10	10,21	11,35	20,07	0
T3	110	42,76	15,78	17,53	31,02	0
T4	150	58,32	23,21	25,79	45,62	0
T5	180	69,98	28,78	31,97	56,57	0
Tp	210	81,64	34,35	38,16	67,52	15
Ta	25	9,72	0,00	0,00	0,00	0
SUMA(min)						15

Parte de registro inicial de prueba de idoneidad



## ANCLAJES ROFIX PROVISIONALES

OBRA N°: 580  
 PRUEBA IDONEIDAD ANCLAJE N°: 4  
 ZONA: PANTALLA 3 (LIRAS)  
 FILA: UNICA  
 FECHA: 02-mar-01  
 FECHA TESADO: 06-mar-01  
 TIPO DE GATO: PAUL-2100KN (ANFOR)  
 SECCION: 388,77 cm<sup>2</sup>.

### I-DATOS DEL ANCLAJE

TORONES:	5 ud.	SECCION TORON:	1,4 cm <sup>2</sup> .
DIAMETRO:	0,6 pulgadas	CARGA DE SERVICIO:	62,5 Tn.
LT:	19,8 m.	MODULO ELASTICO:	2.100.000 Kg/cm <sup>2</sup> .
LB:	12 m.	CARGA DE PRUEBA:	83 Tn.
LL:	7,8 m.	CARGA DE ROTURA:	19.000 Kg/cm <sup>2</sup>

### 2-CUADRO DE TESADO

ESCALON	PRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA Tn.	DEFORMACION (mm)		DEF. MAXIMAS ADM.	
			S	iS	15min 2%ILL	45min 1%ILL
Ta	25	9,72	0,00	0,00		
T1	40	15,55	2,38	2,38	0,06	0,03
Ta	25	9,72	1,80	1,80		
	35	13,61	2,30	2,30		
	55	21,38	7,59	7,59		
T2	80	31,10	15,50	15,50	0,23	0,11
	55	21,38	13,96	13,96		
	35	13,61	9,31	9,31		
Ta	25	9,72	6,64	6,64		
	45	17,49	8,42	8,42		
	75	29,16	14,60	14,60		
T3	110	42,76	25,05	25,05	0,35	0,18
	75	29,16	22,00	22,00		
	45	17,49	14,35	14,35		
Ta	25	9,72	6,86	6,86		
	55	21,38	13,52	13,52		
	105	40,82	24,31	24,31		
T4	150	58,32	37,66	37,66	0,52	0,26
	105	40,82	34,09	34,09		
	55	21,38	20,46	20,46		
Ta	25	9,72	8,44	8,44		
	45	17,49	12,36	12,36		
	80	31,10	21,57	21,57		
	115	44,71	30,58	30,58		
T5	180	69,98	52,70	52,70	0,64	0,32
	115	44,71	42,43	42,43		

Parte de tesado de Ensayo de idoneidad

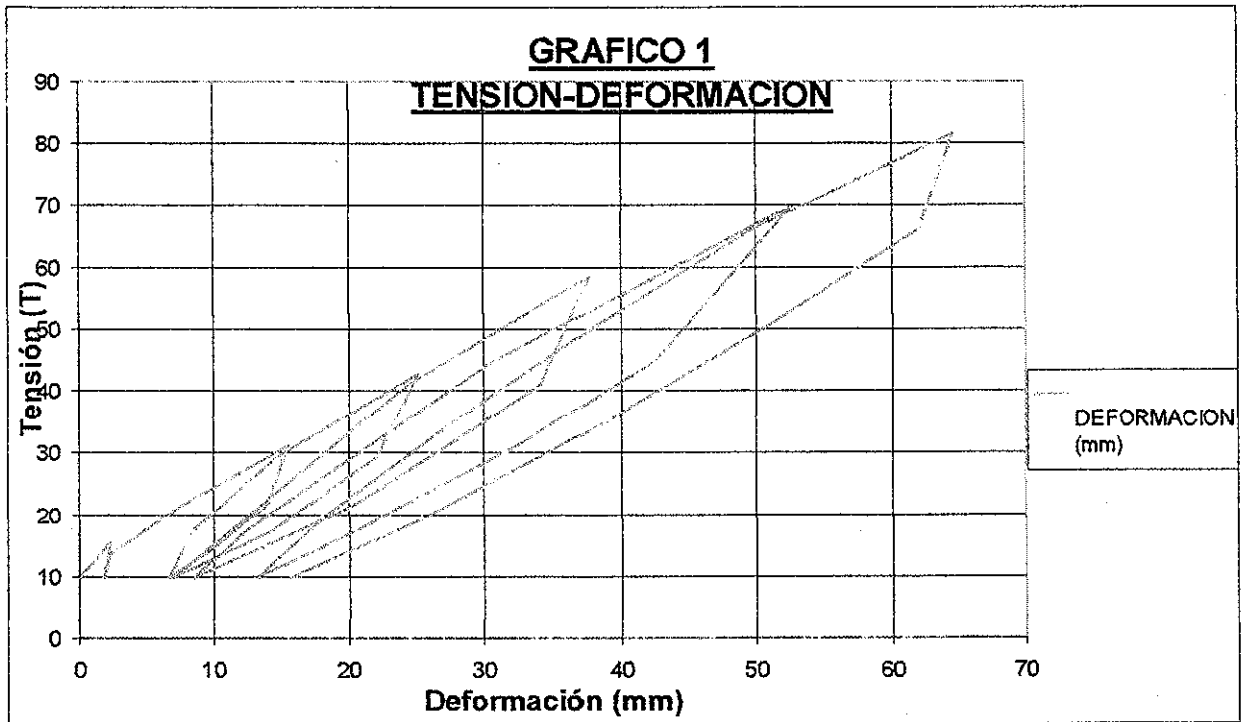


Gráfico de tensión – deformación de un Ensayo de idoneidad

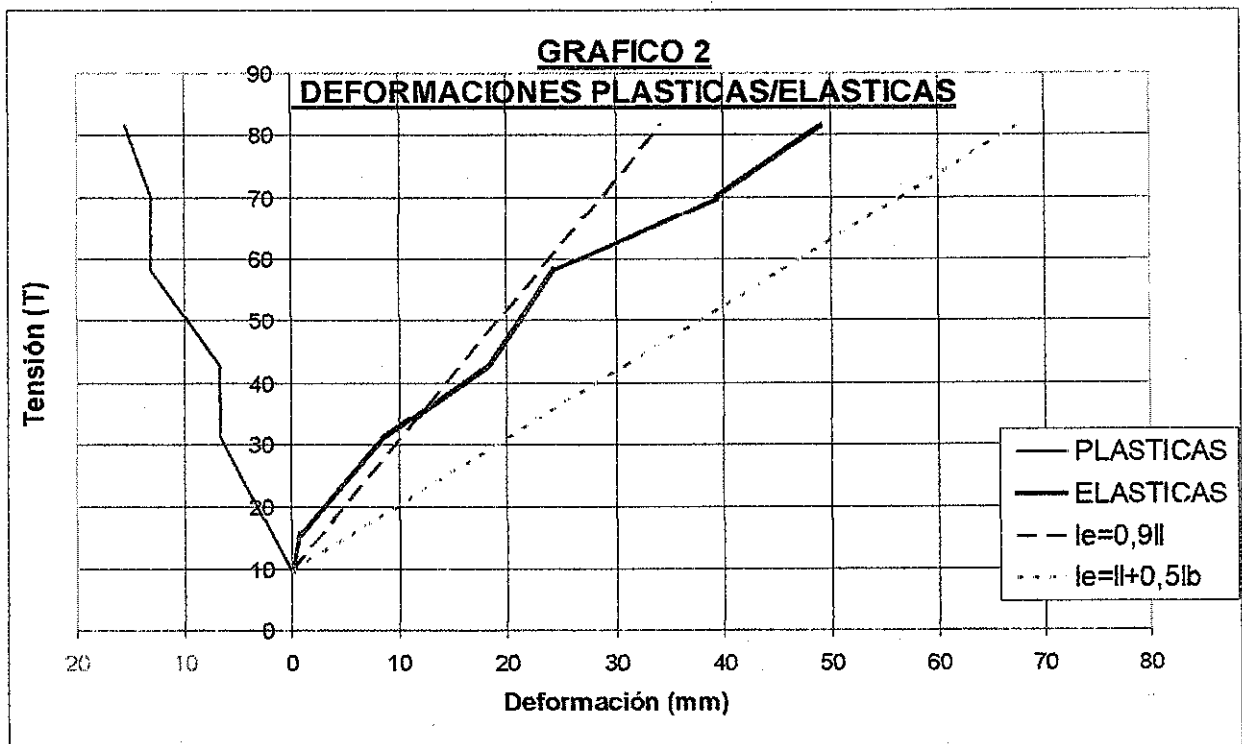


Gráfico de deformaciones de un Ensayo de idoneidad

## 7. CONTROLES.-

En los anclajes es obligado realizar un control de su comportamiento (a corto y a largo plazo). Hay que controlar todas las fases que constituyen su concepción, construcción y vida útil. Por lo tanto los tipos de controles a aplicar a los anclajes son:

- Control del diseño.
- Control de la ejecución
- Control de los materiales.
- Control de cargas
- Controles durante la vida útil.

### ▪ Control de diseño.-

El cálculo de un sistema de anclaje se basa en los parámetros del suelo y la geometría del dispositivo de anclaje. En los planos de ejecución se deben indicar claramente las secciones y características de los materiales a emplear, las dimensiones de las partes libre y de bulbo, el ángulo de inclinación y las tolerancias admisibles.

Durante el diseño se deben tener en cuenta con el fin de controlarlos, los siguientes puntos:

- Esfuerzos y retracciones transmitidos por los tirantes al conjunto estructural.
- La forma de aplicar las tracciones al tirante durante al vida útil
- El reparto de los esfuerzos del dispositivo de anclaje sobre la estructura anclada durante la puesta en carga y a lo largo de la vida útil
- La unión entre el tirante y la estructura.
- Las consecuencias de la rotura de un tirante.

### ▪ Control de la ejecución.-

Se deberán controlar las operaciones y procesos de ejecución:

- Parámetros de perforación
- Parámetros de inyección (dosificaciones, presiones, caudales, etc ). Los controles de la lechada deben realizarse sobre muestras extraídas de los conductos de retorno.

### ▪ Control de los materiales.-

Los materiales que se emplean en la ejecución de los anclajes son productos que se encuentran en el mercado de forma comercial. El control de los aceros empleados en los anclajes debe seguir los mismos criterios que se emplean en el resto de obras en las que se emplea el pretensado. Se deben exigir los certificados de origen de los materiales que se van a emplear en la obra

### ▪ Control de cargas.-

El control de carga del anclaje es uno de los aspectos fundamentales e ineludibles, y debe contemplar las fases de puesta en carga inicial y durante la vida útil.

Durante la fase de pruebas de carga es cuando se comprueba que el anclaje construido es capaz de transmitir los esfuerzos al terreno.

Todos los anclajes dispuestos en la obra deben ser probados de alguna manera (mediante pruebas simples o completas).

Como se ha indicado en el punto anterior, las diferentes Normas indican protocolos distintos para la realización de los Ensayos de carga. La más usual realiza varios ciclos de carga y descarga con control de los incrementos de deformación bajo carga mantenida.

▪ Controles durante la vida útil.-

Durante la vida útil de un anclaje hay que controlar las condiciones de conservación de los materiales y la magnitud de la carga residual.

El control de las condiciones de conservación del anclaje se realiza mediante inspecciones visuales del aspecto que presentan las partes accesibles de los anclajes (cabezas y placas)

También se pueden realizar análisis químicos de la grasa de protección de la cabeza, en los anclajes permanentes.

El control de las cargas residuales se puede realizar mediante la utilización de células de carga, siempre que se haya previsto su colocación durante la fase de proyecto.

## 8. BIBLIOGRAFIA.-

- C.I.E. – Documento Básico SEC-C Cimientos
- Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera (Ministerio de Fomento)
- Recomendaciones para el Proyecto, construcción y control de anclajes al terreno (CICCP – ACHE)
- Norma UNE – EN 1537:1999
- Documentación interna RODIO